

## Variétés déterminées ou indéterminées : comment les définir et les utiliser ?<sup>1</sup>

José MARTIN. Projet Cône Sud, Brasília, Brésil

### Résumé

Avec l'initiative NCC, le choix du type de variété en termes de « *growth habit* » devient potentiellement un élément clé de la définition d'un itk. Outre les caractères de résistance à certaines ravageurs ou maladies, il faut désormais considérer les critères phénologiques et morphologiques, dont l'expression différentielle face aux variations du milieu joue sur les relations sources-puits, les performances de la culture (cycle, productivité) et *in fine* l'adaptation des variétés aux systèmes de culture. Dans l'édition 2000 du catalogue Cirad (25 variétés), le cycle est défini par le type (indéterminé ou déterminé, au sens du jargon cotonnier américain) et la longueur (pleine saison ou précoce). Deux catégories apparemment antinomiques, l'une logiquement non représentée, l'autre représentée par 3 variétés, posent le problème du bien fondé de ces descripteurs. Les variétés anciennes, très indéterminées, possédaient plus de nœuds végétatifs (8 à 9 NV) que les variétés modernes (4 à 5 NV). Le nombre de nœuds fructifères émis début floraison (NAWF<sub>initial</sub>) serait également plus important pour les variétés indéterminées (+ 1 à 3). Le nombre de nœuds affecte directement les relations sources-puits début floraison avec des effets récurrents sur la durée de la phase de floraison utile. Or la plupart de nos variétés sont réputées indéterminées malgré un nombre de NV faible et un début floraison précoce. Sans écarter d'éventuelles variations d'ordre phénologique (durées de développement à l'échelle des organes et de la plante), les caractéristiques morphologiques (taille et forme des feuilles) sont probablement en cause : elles affectent le microclimat (température et éclaircissement) des premiers étages fructifères et le taux de rétention des premières capsules, pouvant induire les plantes à végéter davantage (effets anti-précocité). En Californie, le schéma d'homologation des variétés comprend un *plant-mapping* final (limité aux capsules en première position) pour mesurer ou calculer 8 variables, qui exprimées en pourcentage du témoin, constituent des critères relatifs de « *determinacy* ». Le ratio hauteur / nombre total de nœuds, ou HNR (*height to node ratio*) est actuellement considéré comme le meilleur indicateur de la tendance d'une variété à « *végéter* » (grands entrenœuds), le nombre de branches productives (BF 95% zone) fournissant une mesure pratique de la précocité. Des exemples empruntés à notre expérience américaine et africaine cadrent avec l'analyse californienne selon laquelle la vigueur d'une variété végétative est avantageuse lorsque la croissance et le rendement sont limités par des contraintes abiotiques (compactation du sol, salinité, stress hydrique), mais désavantageuse lorsque la croissance devient exubérante (excès d'irrigation ou hautes densités par exemple).

CIRAD-DIST  
Unité bibliothèque  
Lavalette

<sup>1</sup> Cette communication reprend et complète mon texte septembre dernier intitulé « L'élargissement de l'offre variétale » et diffusé en interne par J.Lançon dans le cadre de l'animation scientifique NCC.

## La variété unique en question

Le mot élargissement peut être retenu comme un des mots-clés de la Ncc. Elargissement notamment de la fonction de production coton, avec l'intégration de facteurs techniques de production autrefois invariants ou peu variants, du moins en Afrique francophone. Les aspects technologiques liés à l'évolution du marché de la fibre et la résistance à certains ravageurs ou maladies sont intégrés de longue date dans nos schémas de sélection. Désormais, le type de variété en termes de "*growth habit*" est également à considérer, car il peut devenir un des éléments clés pour la construction de nouveaux itinéraires techniques (itk). En effet, face à des contraintes biotiques, abiotiques ou technico-économiques devenues plus sévères, le choix variétal n'est pas forcément neutre. En particulier les éléments pouvant contribuer à améliorer la précocité de la production ont souvent été mis en avant (Martin, 1999), ce qui au niveau variétal repose sur des critères phéno-morphologiques :

- Phénologie : notion d'horloge interne débouchant par intégrations successives des échelles organe, plante, et peuplement sur le concept de modèle de développement. Cela inclut les notions d'âge physiologique, de franchissement de stades-clés (par exemple début et fin floraison), de rythmes de progression (vitesses) et de durée des phases de développement, et *in fine* de cycle de développement.
- Morphologie : typologie des différents organes, végétatifs ou reproducteurs, en termes de taille, forme, nombre et agencement, débouchant à l'échelle plante ou peuplement sur différents types de ports (profils architecturaux), configurations de couverts (surface foliaire et ses composantes) ou schémas de fructification (plant mapping).
- Il s'agit dans les deux cas de caractères génétiques dont l'expression varie considérablement en fonction de la structure des peuplements, des conditions environnementales et des facteurs de production.

## La terminologie américaine

L'élargissement de notre offre variétale suppose de pouvoir la définir en termes de "*growth habit*" et de cycle cultural. Aux USA, le concept de "*determinacy*" appliqué aux espèces à croissance continue et donc botaniquement indéterminé<sup>2</sup> comme l'arachide (plante herbacée potentiellement vivace) et le cotonnier (plante ligneuse pérenne à croissance continue avec succession de plusieurs cycles de développement), correspond en première approche à la notion de précocité. Le tableau ci-dessous présente les équivalences de la terminologie en vigueur aux USA, certaines variétés récentes étant même qualifiées de *very early maturing* ou *very short season*.

<i>Determinacy</i>	<i>Season</i>	<i>Earliness-maturity</i>
<i>Indeterminate</i>	<i>Full season</i>	<i>Late maturing</i>
<i>Intermediate</i>	<i>Medium season</i>	
<i>Determinate</i>	<i>Short season</i>	<i>Early maturing</i>

---

<sup>2</sup> Par opposition aux espèces à cycle botaniquement déterminé, dont le cycle comprend des phases bien distinctes et finies (développement d'abord végétatif puis reproducteur) en liaison avec leur inflorescence terminale (à maturité, la plante flétrit et meurt, comme le maïs ou le tournesol par exemple).



En jargon cotonnier, le mot déterminé n'est donc pas à considérer en valeur absolue mais en valeur relative, signifiant ici à caractère moins indéterminé. Plus ou moins indéterminé : qu'est-ce à dire ? Selon ma perception, dans le concept de "*determinacy*", la notion classique de précocité, qui rend compte des valeurs moyennes de durées de cycle (et de phases du cycle), serait assortie d'un terme implicite rendant compte de l'incertitude attachée à ces durées.

	Variété indéterminée	Variété déterminée
Cycle	+ long + variable	+ court - variable
Progression vers le <i>cut-out</i>	Lente Irrégulière	Rapide Régulière
Repousse de 2ème cycle ( <i>regrowth</i> )	+ forte (potentiellement)	+ faible
Repousse après stress	+ forte	+ faible

A des cycles de longueur croissante correspondrait une variabilité croissante quant à leur réalisation effective, mais aussi une faculté de compensation supérieure (reprise de la croissance après un stress, ou poursuite de la croissance en conditions de peuplement insuffisant). Ainsi, les cultivars indéterminés seraient moins prédictibles mais plus flexibles face aux aléas des conditions de croissance, à condition toutefois que la saison de culture soit suffisamment longue pour permettre leur expression. Si la liaison entre variété indéterminée et flexibilité ou faculté de compensation est fréquente dans la littérature, en revanche le contenu détaillé de la notion de *determinacy* est rarement explicité.

Indétermination domestique ?

La dernière édition du catalogue variétal Cirad définit le cycle à l'aide de deux critères: le type et la longueur. Pour chacun de ces deux champs, deux options, soit quatre combinaisons possibles pour définir le cycle :

Cycle	Type		
		Indéterminé	Déterminé
Longueur	Pleine saison	Indéterminé-pleine saison	Déterminé-pleine saison
	Précoce	Indéterminé-précoce	Déterminé-précoce

Les 25 variétés du catalogue se répartissent dans les 4 catégories ainsi définies de la façon suivante :

Cycle	Type		
		Indéterminé	Déterminé
Longueur	Pleine saison	12	0
	Précoce	10	3

Le Cirad serait donc détenteur d'un nouveau type de cultivars, avec 10 variétés à cycle à la fois indéterminé et précoce, dont les 4 co-obtentions franco-brésiliennes Cirad-Coodetec (Cd 401 à Cd 404) !

A signaler également le cas d'IRMA 772, classée probablement par erreur en indéterminé et pleine saison, alors que je l'attendais dans les catégories opposées (Martin, 1994).

Ces exemples appellent quelques questions qui interpellent sur le bien fondé de ces deux descripteurs :

- qu'est-ce qu'une variété à cycle indéterminé et précoce ?
- que recouvrent nos deux critères type de cycle et longueur de cycle ?
- en quoi seraient-ils redondants ?
- en quoi seraient-ils complémentaires ?

Le nombre de nœuds végétatifs

D'après certains professeurs américains (MARTIN, 2000), le nombre de nœuds végétatifs<sup>3</sup> (NNV) serait le critère le plus discriminant pour classer les variétés selon leur précocité ou *determinacy* : 8 à 9 NV pour les variétés anciennes plus indéterminées, et 4 à 5 NV pour les variétés modernes plus déterminées. Le progrès génétique tout au long du 20ème siècle a d'ailleurs permis d'augmenter conjointement précocité et productivité à travers l'amélioration de l'indice de récolte. Cependant, pour 1 NV supplémentaire, l'allongement global du cycle serait bien supérieur au simple retard du début floraison (3 jours lorsque la température moyenne journalière est de 25°C). Comment expliquer ce sur-allongement du cycle ? Quel est le fondement de la relation entre NNV et *determinacy* ?

L'état des relations sources – puits début floraison peut fournir une explication cohérente. A plus grand nombre de nœuds végétatifs, début floraison plus tardif, et surface foliaire plus importante à ce stade charnière marquant le début du développement reproducteur. Ceci est d'autant plus vrai que d'après la littérature américaine (Bourland et al, 1991), un plus grand nombre de nœuds végétatifs s'accompagnerait également d'un plus grand nombre de nœuds fructifères émis début floraison (NAWF<sub>initial</sub>) : de 11-10 contre 9-8 (à quantifier pour nos variétés). Il en résulte une végétation (charpente + surface foliaire) plus importante à ce moment-là induisant :

---

<sup>3</sup> Les NV sont ceux situés en dessous de la première branche fructifère. Ils développent au non des branches végétatives en fonction des conditions environnementales. Les nœuds situés immédiatement en dessous de la première branche fructifère sont plus enclins à émettre des branches végétatives, alors que ceux situés au dessus du nœud cotylédonnaire le sont moins, à l'instar de celui-ci. Le nombre de NV (NNV) est lié à l'avènement de l'initiation florale, qui provoque l'apparition du premier nœud fructifère, c'est à dire le nœud d'insertion de la première branche fructifère N1BF :  $[NNV = N1BF - 1]$ . Cette caractéristique variétale est affectée par les conditions environnementales ayant prévalu entre la germination et l'initiation florale. Celle-ci intervient très tôt, au moment de l'émission des premières vraies feuilles, voire plus tôt. Le NNV augmente avec des températures très basses, ou au contraire très élevées, de fortes populations de cotonniers ou une forte concurrence précoce des adventices. Au delà des conditions environnementales, l'uniformité ou la désuniformité du peuplement de graines et de plantules et des conditions micro-environnementales induiront une faible ou forte dispersion des valeurs du NNV au sein d'un peuplement. Le NNV serait invariable dans un peuplement où toutes les graines seraient identiques (génotype et vigueur germinative) et où toutes les plantules auraient connu exactement le même vécu jusqu'à l'avènement de l'initiation florale. A l'opposé, avec une variété mal stabilisée, une levée irrégulière dans le temps (plusieurs vagues de levées, ressemis) et dans l'espace (stand), un état de la surface du sol irrégulier (rugosité, teneur en eau, enherbement), la variabilité au niveau d'un champ peut devenir importante (par exemple, NNV moyen = 5, 5, avec une distribution allant de 4 à 7).



1. un plus grand excédent de ressources photosynthétiques vis à vis de la demande des premiers puits reproducteurs autorisant un surcroît de développement végétatif (davantage de nœuds émis sur les axes en place et éventuellement émission de nouveaux axes : ramifications d'ordre 2),
2. un plus grand poids des puits végétatifs en compétition avec les puits reproducteurs,
3. un moindre éclaircissement des premiers étages fructifères (auto-ombrage), dommageable à l'alimentation carbonée des premières capsules. Leur taux d'abscission tend alors à augmenter, notamment en conditions de temps couvert et de peuplement dense, libérant ainsi des ressources supplémentaires pour les puits végétatifs.

Globalement, le ralentissement du développement végétatif par les puits reproducteurs (auto-régulation) intervient plus progressivement et moins intensément : la croissance végétative et la floraison se prolongent. Ce « *cut-out* »<sup>4</sup> plus tardif serait également moins prévisible (davantage sujet à variations), plus « indéterminé ». Les cotonniers ont davantage de nœuds fructifères, sont moins garnis à leur base, l'ouverture des capsules est plus étalée, leur cycle est plus long.

#### L'effet retardant des super-capteurs

La plupart de nos variétés "cirado-africaines" sont réputées végétatives et considérées indéterminées à cycle long (B. Hau, communication personnelle, juillet 1999). Cependant, elles sont relativement précoces en termes de début floraison, en accord avec un NNV relativement faible, permettant de classer la plupart d'entre elles dans la catégorie déterminé, et les autres en intermédiaire. A cet égard, elles font bien partie des variétés modernes : comme aux USA, le progrès génétique nous a conduit à des variétés présentant moins de NV. Ce critère ne semble donc plus pouvoir expliquer le caractère végétatif et indéterminé de nos variétés cirado-africaines.

A nombre de nœuds et de feuilles égal, la surface foliaire totale et sa structure (configuration spatiale) vont dépendre de la morphologie des feuilles, taille et forme notamment. Dans notre catalogue, les variétés à feuilles grandes, entières et planes sont plus nombreuses que celles à feuilles petites, découpées et gaufrées. Dans le premier cas (grandes feuilles), l'importante de la surface foliaire aura sur le développement de la plante des effets en grande partie similaires à ceux décrits précédemment pour les variétés à grand NNV : d'une part, important excédent

---

<sup>4</sup> Le *cut-out* est l'arrêt de la croissance végétative et marque l'arrêt de la floraison utile. La croissance végétative devient nulle lorsque la croissance des organes reproducteurs draine la totalité des assimilats disponibles. Le nombre de nœuds et la hauteur de la plante atteignent le palier du premier cycle, qui se maintient jusqu'à l'éventuelle repousse du deuxième cycle ou « *regrowth* ». L'arrêt de la croissance est l'aboutissement d'une phase de ralentissement de la vitesse d'émission des nœuds initiée peu après l'anthèse. Pendant ce temps, la floraison, dont la vitesse reste constante jusqu'à bien plus tard, se rapproche du sommet de la plante : d'où l'utilisation du nombre de nœuds non fleuris (« *NAWF* : nodes above the white flower ») comme indicateur de la progression vers le *cut-out*. De nombreuses observations effectuées aux USA ont abouti à retenir pour repérer le *cut-out* des valeurs remarquables :  $NAWF_{cut-out} = 5$  pour plupart des variétés upland, ou  $NAWF_{cut-out} = 3,5$  pour les Pima californiens. Le suivi de *NAWF* est relativement léger et permet d'épargner le suivi plus lourd de la hauteur des plantes ou du nombre de nœuds. Le  $NAWF_{cut-out}$  est un indicateur de l'arrêt de la floraison utile, que l'on peut mesurer en fin de cycle par le nombre de nœuds terminaux n'ayant pas contribué à la production, qui, hors problèmes phytosanitaires, ne correspond pas toujours à 5. Tout comme pour  $NAWF_{initial}$ , il existerait pour  $NAWF_{cut-out}$  une certaine variabilité génétique, comme semblait le démontrer la collection internationale de cultivars mise en place par François Bernard à Garoua en 1994 et amplement visitée lors de la réunion des sélectionneurs. La constitution d'un référentiel sur ce type de données me semble nécessaire, d'autant que nous avons vu.



de ressources début floraison par rapport à la demande des puits reproducteurs, autorisant un développement végétatif prolongé ; d'autre part, auto-ombrage important avec risques d'abscission des premières capsules. Cette tendance à l'exubérance et la tardivité s'accroît lorsque pour des raisons physiologiques (auto-ombrage) ou autres (parasitaires notamment, car les ravageurs semblent plus à leur aise dans des couverts denses) le taux d'abscission initial atteint des niveaux élevés. Dans le second cas (petites feuilles), c'est l'inverse qui se produit : d'une part, l'excédent de ressources pour la croissance végétative est moindre et d'autre part, la probabilité de rétention des premières capsules est plus élevée, l'ensemble induisant un *cut-out* plus précoce et un cycle plus court.

Schématiquement, les hypothèses expliquant le comportement des variétés (leur « *growth habit* ») peut se résumer de la façon suivante à partir du volume et de la structure de la surface foliaire début floraison :

- Variétés à surface foliaire importante (feuilles nombreuses et/ou grandes et planes) : effets anti-précocité d'une offre photosynthétique globalement supérieure (largement allouée à la croissance végétative) mais localement inférieure (déficit de carbone pour les premières capsules), éventuellement amplifiés en cas de forte abscission initiale (croissance dé-bridée).
- Variétés à surface foliaire réduite (feuilles peu nombreuses et/ou petites) : effets précocité d'une offre globalement inférieure mais localement supérieure, éventuellement amplifiés en cas de forte rétention initiale (croissance auto-régulée).

#### Variabilité du développement reproducteur ?

Des sources de variation d'ordre phénologique impliquant le rythme et de la durée de la floraison pourraient également être en cause. A l'échelle d'un organe fructifère, on considère communément que la durée de développement d'une capsule est invariante (environ 90 jours), mais on peut se poser la question de savoir s'il existe une variabilité génétique. Cette durée globale est d'ailleurs décomposable en différentes phases délimitées par des stades-clés : différenciation florale, émission du bouton floral, anthèse, stade limite d'avortement, diamètre maximal de la capsule (la "coquille" est formée), maturité physiologique (fin accumulation matière sèche, déhiscence et ouverture totale. En d'autres termes, ces durées sont-elles les mêmes quelle que soit la variété, par exemple pour un cultivar à grosses capsules de 6 g et un cultivar à petites capsules de 4 g ? Dans l'affirmative, seule la vitesse de croissance de la capsule varierait et le chronogramme standard resterait en vigueur. Dans le cas contraire, des références spécifiques à chaque variété ou type variétal seraient à préciser.

A l'échelle de la plante, on considère également qu'en absence de stress, le rythme de la floraison est invariant et égal au rythme d'émission de nouveaux phytomères. Tous deux sont fonction de la température, ils progressent verticalement à raison d'un nœud tous les 30 degrés-jours base 15,5 °C (soit 3 jours lorsque la température moyenne journalière est de 25°C)<sup>5</sup>, et horizontalement deux fois plus lentement (un nœud tous les 6 à 7 jours)<sup>6</sup>. Faut-il

---

<sup>5</sup> Le seuil de 15,5 °C correspond à 60°F, température de base retenue dans la plupart des travaux récents aux USA ; il y a quelques années, le seuil retenu était de 55°F, soit 12,8°C, d'où les valeurs de 12 ou 13°C qu'on retrouvait dans les ouvrages en français. Dans sa thèse, Lacape (1997) utilise cette dernière valeur, également en vigueur en Arizona, région à fortes chaleurs, où un seuil supérieur est également utilisé (85°F, soit 29,4°C). Peut-être une mise au point bibliographique serait-elle utile, avec des simulations sur l'incidence des seuils considérés, non seulement pour le coton mais pour les autres cultures annuelles travaillées par le Cirad-Ca ?



considérer ces rythmes (phyllochrone, plastochrone floral) comme invariants, ou bien existe-t-il une variabilité génétique susceptible d'induire des différences de comportement variétal ? Comment ces rythmes sont-ils affectés par les stress abiotiques ? Comment la densité du feuillage affecte les températures au niveau des méristèmes : y aurait-il accélération avec les variétés okra (faible *cooling*), ou ralentissement en ultra hautes densités (fort *cooling*)?

### L'exemple californien

Après avoir longtemps vécu sous la « *one variety law* », la San Joaquin Valley (SJV) a permis et encouragé l'exploitation des variétés issues du secteur public ou privé dument homologuées (schéma de sélection très strict). La description des variétés testées comprend la comparaison systématique de paramètres de croissance et de développement exprimées en pourcentage du témoin (Basset et Kerby, 1996). Les mesures sont réalisées au moyen d'un plant mapping réalisé à l'ouverture des capsules, portant uniquement sur les capsules en position 1<sup>7</sup>. Les 8 paramètres mesurés ou calculés sont considérés comme des critères de "*determinacy*". Il s'agit de la hauteur (H), du nombre total de nœuds (N), de H/N (height to node ratio, ou HNR : longueur moyenne d'un entrenœud), du nombre de nœuds végétatifs (NNV), du nombre de nœuds fructifères (FB), de nombre de branches fructifères portant 95 % des capsules (BF 95% zone), du pourcentage de rétention des capsules sur les 5 premières branches fructifères (bottom 5 FP-1), et du pourcentage d'ouverture des capsules (%OB). Pour les variétés modernes, HNR est considéré comme le meilleur critère de *determinacy*, le nombre de nœuds responsable de 95% de la production (BF 95% zone) fournissant une mesure pratique de la précocité.

### Précocité et rusticité

La précocité est recherchée pour échapper à des conditions climatiques adverses en début et/ou fin de saison ou pour échapper à des pressions parasitaires croissantes en fin de cycle. A productivité égale, un cultivar précoce présente des exigences moindres concernant la longueur de saison mais accrues pendant la saison pour ce qui est de l'alimentation hydrique et minérale et de la protection. En effet, la production étant plus concentrée dans le temps, les flux de nutriments doivent être supérieurs, et tout stress biotique ou abiotique intervenant dans une période donnée aura un impact supérieur. Or pour faire face à cette demande plus concentrée, ces cultivars disposeraient de capteurs racinaires moins agressifs. Deux types de raisons à cela :

- la moindre structure végétative aérienne d'un cultivar déterminé est vraisemblablement en liaison avec un moindre appareil racinaire,

---

<sup>6</sup> En fait la progression linéaire ne concerne pas la partie finale de la courbe de floraison, qui accuse un ralentissement. Quant à la cinétique d'émission de nœuds (phytomères) sur l'axe principal (phyllochrone), il s'agit en fait d'une sigmoïde, avec au début et à la fin des périodes lentes encadrant la période médiane linéaire. L'avènement plus ou moins précoce de l'induction florale, intervenant en phase d'émission encore lente ou déjà rapide, est peut-être à l'origine de la liaison entre NNV et  $NAWF_{initial}$  dont il est fait état dans Bourland *et al.* (1991).

<sup>7</sup> Pour éviter les erreurs, notamment sur le nombre de nœuds, il est important de pouvoir examiner attentivement le bas des plantes ; pour cela, il est nécessaire de les prélever avec soin, en les coupant au sécateur sous le nœud cotylédonnaire.



- simultanément à l'arrêt de la croissance végétative, le *cut-out* marque aussi l'arrêt de la croissance racinaire, qui intervient au moment où la demande en nutriments des capsules en remplissage est maximale.

Ces considérations peuvent se résumer par la formule : « attention variétés déterminées : capteurs racinaires moins agressifs face à une demande plus concentrée », ce qui rendrait ce type de cultivar (ou de culture) plus susceptible à tout déficit hydrique ou minéral, direct ou induit. Les exemples domestiques qui suivent sont largement en accord avec la littérature et tendent à confirmer cette assertion.

- **Cas de la "maladie rouge" bolivienne**, dont la cause reste inconnue (MARTIN, 2000). Le rougissement des feuilles correspond à une concentration anormalement élevée en anthocyanes qui traduit une perturbation du métabolisme des sucres (transport notamment). Même en admettant une cause pathologique, les conditions du milieu influent toujours sur ce type de syndrome, notamment lorsqu'il intervient en fin de cycle. En effet, les besoins en carbohydrates et nutriments pour la croissance des fruits sont très élevés alors que les feuilles et racines ne se renouvellent plus. Les observations relevées dans les rapports d'activités (HOFS *et al*, 1998 et 1999) ou de mission (HAU, 1996 et BELOT, 1998) font état de différences variétales quant à la sensibilité à cette maladie rouge : Ston 132 est très sensible et CCA 536 moins sensible. La dernière est une variété végétative à grosse charpente alors que la première, très précoce et très fructifère, exige des sols riches et des apports de potasse. Les caractéristiques phéno-morphologiques ne sont probablement pas étrangères au différentiel de tolérance au rougissement observé pour ces deux variétés. Si le syndrome est lié à un problème de transport des assimilats, une plante plus végétative, vraisemblablement mieux vascularisée, est plus apte à le tolérer. A l'opposé, les exigences nutritionnelles de la variété précoce sont le signe d'un enracinement insuffisant pour faire face à l'importance de la demande, ce qui exacerbe la sensibilité aux stress abiotiques et biotiques (en l'occurrence la maladie rouge en question) et se traduit par des exigences accrues en fertilisation notamment potassique.

- **Toujours en Bolivie**, et dans le même ordre d'idées, HOFS (1998) signale le bon comportement des variétés "végétatives" cirado-brésiliennes en conditions de stress hydrique pendant la floraison, malgré leur flux transpiratoire plus important. L'interprétation serait qu'à la vigueur de l'appareil aérien correspond aussi un enracinement vigoureux (stratégie *water spender*) qui rend ces variétés moins sensibles aux contraintes hydriques et minérales, moins exigeantes en fertilisation, et probablement plus aptes à compenser des épisodes d'abscission d'origine parasitaire ou physiologique ou des stands insuffisants. Au total, ces variétés peuvent être qualifiées de plus rustiques.

- **Cas d'IRMA 772 au Cameroun**. Sélectionnée il y a une douzaine d'années pour sa haute précocité, elle était présumée adaptée à la sécheresse des zones sahéliennes. Elle ne fut finalement pas retenue, car la variété cultivée dans le reste de la zone cotonnière s'avéra plus stable (performances enregistrées dans les réseaux d'essais et de tests en milieu paysan).

- **Cas des variétés Coodetec-Cirad (Cd 401 à Cd 405)**. Ce sont les premières variétés modernes résistantes à la maladie bleue (virose transmise par le puceron du cotonnier) et à la bactériose commercialisées au Brésil. Aptes à la récolte mécanique, fibre haut de gamme, elles présentent entre elles un gradient de *growth habit*, Cd 401 étant la moins végétative, Cd 402, 403 et 405 étant les plus végétatives, et Cd 404 intermédiaire. Ces variétés présentent



également des différences de sensibilité aux maladies foliaires d'origine fongique. Celles-ci sont plus contraignantes dans la zone centre-ouest (tropiques humides) que dans la zone sud Brésil et Paraguay (climat subtropical), qui en revanche est pénalisée par l'anthronome *Anthonomus grandis* et localement par les nématodes. Ces considérations sont à l'origine de la répartition géographique des variétés : Cd 401 et 405 dans le sud et Cd 402, 403 et 404 dans le centre-ouest.

- Par rapport aux variétés très végétatives traditionnellement cultivées dans le sud du Brésil, Cd 401 est avantagée vis à vis de l'anthronome par sa précocité, mais en revanche elle requiert davantage d'attention en matière de fertilisation et n'est pas cultivable dans les anciennes caféières infestées de nématodes. Cd 405 est tolérante aux nématodes, mais étant plus végétative, elle requiert davantage d'attention en matière de régulation de croissance. Une question qu'on peut se poser est de savoir dans quelle mesure le caractère plus végétatif de cette variété contribue à la tolérance aux nématodes de ce cultivar ?

- Cd 404 est la principale variété proposée aux producteurs de la région centre-ouest, car sa qualité de fibre et son rendement à l'égrenage sont supérieurs à Cd 402 et Cd 403. En revanche, Cd 402 se distingue par ses performances en culture de « *safrinha* » (culture dérobée semée directement après soja ou riz hâtifs ou après plante de couverture) (Séguy *et al*, à paraître). Les exigences des systèmes avec couverture végétale incluent la vigueur au départ, car la croissance initiale est souvent moindre qu'en système conventionnel avec travail du sol, et pour les cultures de *safrinha*, une croissance racinaire soutenue. En effet, les pluies se raréfient drastiquement en pleine période de fructification, si bien qu'à partir d'alors l'alimentation hydrique repose pour l'essentiel sur l'exploitation des réserves hydriques du sol que les racines doivent pomper en profondeur (SEGUY *et al*, à paraître). Cd 402, qui est la plus haute et effilée des trois (Cd 403 est légèrement moins haute mais s'étale davantage latéralement), s'est avérée aussi la plus performante quelles que soient les conditions de culture (MARTIN, non publié). Elle est conseillée chaque fois que des qualités de rusticité sont requises pour faire face à des contraintes édaphiques (physiques ou chimiques, voire biologiques) ou climatiques (risques de sécheresse) dans les marges de la région centre-ouest.

- Cd 401 est également cultivée dans une enclave du centre-ouest où elle a été introduite de façon incontrôlée. Il s'agit d'une micro-région se démarquant par les conditions naturelles (sols plus riches, température plus élevée, parasitisme tardif) et socio-économiques (petits producteurs, faible niveau d'intrants). Les agriculteurs ont adopté cette variété au détriment de nombreuses autres variétés plus végétatives supposées mieux adaptées aux conditions locales<sup>8</sup>. Les variétés végétatives y conduisent à une végétation exubérante qui dans leur conditions naturelles (poussantes, parasitisme tardif) et technico-économiques (pas de régulateurs de croissance) s'avère contre-productive. La variété précoce, pratiquement auto-régulée, s'avère plus productive tout en étant plus facile à conduire (plantes moins hautes et cycle plus court).

- Les deux derniers exemples, où une variété précoce se distingue en conditions climatiques non limitantes et une variété végétative en conditions limitantes (alimentation hydrique de fin de cycle), ne vont-ils pas à l'encontre des idées préconçues ?

Nos exemples domestiques ne sont pas en désaccord avec la plupart des synthèses bibliographiques disponibles. En Californie, BASSETT et KERBY (1996) confirment l'observation selon laquelle la vigueur d'une variété végétative est avantageuse lorsque des

---

<sup>8</sup> Les producteurs continuent d'acheter des semences de Cd 401 et refusent de semer les autres variétés dont les semences sont fournies gratuitement par les services d'appui à l'agriculture familiale.



contraintes abiotiques (compaction du sol, salinité, stress hydrique) limitent la croissance et le rendement, et au contraire désavantageuse en cas excès d'irrigation ou de densités trop élevées. Dans sa synthèse consacrée aux relations hydriques chez le cotonnier, HEARN (1995) rappelle que les variétés à cycle court se sont avérées avantageuses seulement dans le cas où la production repose sur l'exploitation d'une réserve hydrique préexistante (Yemen, Israël) ou exceptionnellement en culture pluviale, lorsque la saison des pluies est brève mais assurée de précipitations initiales abondantes (Inde) ; dans les autres cas, qui sont de loin les plus nombreux, les variétés indéterminées s'avèrent plus adaptées à la sécheresse (différents types de stress hydrique) que les variétés déterminées. A titre d'exemple, EL ZIK et THAXTON (2000) signalent que les conditions d'alimentation hydrique, avec stress ou sans stress, n'altèrent pas le classement de ses deux variétés les plus performantes.

### Passage à l'itinéraire technique

La discussion peut être élargie de la variété à l'itinéraire technique. Pour amener une variété donnée à produire plus précocement, on peut augmenter les densités et recourir à un usage précoce et prolongé des régulateurs de croissance. Depuis deux ans des expérimentations visant à atténuer les problèmes de stress hydriques et parasitaires de fin de cycle ont été lancées dans plusieurs pays de notre réseau. Il est prévisible que ce type de peuplement va être sujet aux mêmes problèmes que ceux évoqués ci-dessus pour les variétés déterminées. L'exemple d'un essai densité x régulateur de croissance visité au Mozambique semble le démontrer (MARTIN, 2000) :

- Les faits : « Des déficiences de fin de cycle, type -K et -Mg, ont été observées sur l'essai Pix1 de Nropa : feuillage couleurs d'automne, vieillissement prématuré des plantes, ouverture accélérée des premières capsules, et probablement dernières capsules immatures et mal ouvertes. Classiquement, les plantes de bordure ne sont pas atteintes (moindre concurrence entre plantes, et enrichissement du sol par les accumulations d'adventices déposées en bordure lors des sarclages). Il est apparu assez clairement que le témoin était moins affecté que le traitement Pix, lui même moins affecté que le traitement double densité + Pix. »
- L'interprétation : « le report d'une plus grande partie de la production sur les premiers étages du cotonnier (effet Pix) associé à un accroissement de la production (effet densité) modifie la courbe sigmoïde d'absorption des nutriments dont le plateau est plus haut (demande globale accrue) et la pente de la partie linéaire plus importante (demande instantanée accrue). La demande en nutriments pour assurer le remplissage des capsules culmine au moment du *cut-out*, toutes les disponibilités en carbone, azote et minéraux étant alors drainées par les capsules. La croissance végétative devient nulle, tant pour les parties aériennes que souterraines. Lorsque le sol est peu pourvu en minéraux et/ou que la densité racinaire est faible, la rhizosphère (l'ensemble des gangues terreuses entourant l'extrémité des racines) s'épuise rapidement et les déficiences apparaissent. La production étant plus groupée, les cotonniers évoluent plus rapidement vers le *cut-out*, la demande instantanée en nutriments devient plus importante alors que la durée d'activité des capteurs racinaires diminue : la probabilité d'apparition de déficience augmente. Lorsque la production est à la fois plus précoce et plus importante, le problème est exacerbé, augmentant d'autant les risques de carence. »

Les variétés à port réduit seraient *a priori* plus adaptées à la culture à très hautes densités (UNRC : ultra-narrow row cotton). Cependant, les résultats des travaux traitant de ces interactions multiples sont divergents, certains étant conclusifs, d'autre non (CONSTABLE,



1999 ; SPENSER, 1999). Les résultats non concluants seraient dus à des défauts d'homogénéité des peuplements et à des insuffisances au niveau du suivi et de la conduite des cultures, qui en UNRC tient du « *fine-tuning* » (SPENSER, 1999 ; MARTIN, 2000). Les travaux impliquant des variétés et des densités moins contrastées ne font pas ressortir d'interaction variété x densité, les meilleures variétés à densité normale s'avérant également les meilleures à densité élevée (CONSTABLE, 1999). OOSTERHUISS (1999) aboutit à conclusions similaires au sujet de l'interaction variété x régulateur de croissance (mépiquat chlorure MC) : les interactions n'apparaissent qu'avec des variétés phéno-morphologiquement très contrastées, un traitement standard de MC tendant à être positif avec une variété tardive et contre-productif avec une variété précoce. Plus généralement, dans sa revue consacrée à la sélection pour des systèmes de culture prédéfinis, CONSTABLE (1999) conclut qu'il est illusoire de retenir *a priori* des caractéristiques phénotypiques présumées adaptées à un système donné, car des caractères tels que la précocité et le port, la forme des feuilles (*okra*) ou le type de branche (*cluster*) se sont souvent avérés neutres ou contre-productifs. CONSTABLE suggère au contraire d'opérer la sélection sans restreindre les entrées aux cultivars à caractères spéciaux et en se plaçant d'emblée dans les conditions visées (sous haute densité ou en semis tardif par exemple), en veillant ensuite à analyser les causes de la supériorité du meilleur cultivar et identifier les facteurs-clés.

## Conclusion

Un effort de caractérisation et de compréhension (modélisation) du « *growth habit* » de nos génotypes et de leurs relations avec le milieu (intégration dans des cadres d'analyse élargis) est nécessaire. En effet, le facteur variétal est partie intégrante des systèmes de culture à construire et à évaluer en réponse à l'augmentation des contraintes biotiques et abiotiques. Des exemples d'échec ou de problèmes apparus avec certaines options variétales ou culturelles jugées *a priori* favorables nous rappellent la complexité des éléments qui se conjuguent dans l'interaction génotype x milieu. Ces éléments qui nous échappent encore en grande partie rendent nécessaire le maintien de la sélection *in situ* avec analyse de stabilité.

## Bibliographie

- BASSETT, D.M. et T.A. KERBY. 1996. Varietal selection. In : *Cotton Production Manual, Publication 3352*, S. Jhonson, K. Hake et al. (Eds). Université of California, Oakland.
- BELOT J.L. 1998. Rapport de mission en Bolivie. Cirad-Ca. Asuncion, Paraguay.
- BOURLAND, F., K. HAKE et T. KERBY. 1991. Applied Plant Map Handbook : mid-season management. Nacional Cotton Council. Cotton Physiology Education Program. Memphis TN, USA. 8 p.
- CONSTABLE, G.A. 2000. Breeding and Cultivar Development of Cotton for specific Cropping Systems. In : *New Frontiers in Cotton Research : Proc. World Cotton Res. Conf.-II (1998 : Athens, Greece)*. F. M. Gillham (Ed.). pp 3-9
- EL ZIK, K.M. et P.M. THAXTON. 2000. Genetic Improvement of Cotton Utilising the Multi-Adversity Resistance (MAR) System. In : *New Frontiers in Cotton Research : Proc. World Cotton Res. Conf.-II (1998 : Athens, Greece)*. F. M. Gillham (Ed.). Pp 10-19.
- HAU B. 1996. Rapport de mission en Bolivie. Cirad-Ca. Montpellier, France.
- HEARN, A.B. 1995. The principles of cotton water relations and their application in management. In: *Challenging the Future: Proc. World Cotton Res. Conf.-I*. G.A. Constable

- and N.W. Forrester (Eds). CSIRO, Melbourne. Pp. 66-92.
- HOFS J.L. 1998 et 1999. Rapports annuels d'activités Cirad-Adepa, 97/98 et 98/99. Cirad-Ca, Santa-Cruz, Bolivie.
- MARTIN, J. 2000. Note de synthèse sur l'Unrc et le Pix. In : P. Silvie, H. Chaïr Et J. Martin. Rapport de mission aux Beltwide Cotton Conferences 2000. San Antonio, TX, USA, du 5 au 8 janvier 2000. Restitution des participants et visites de laboratoire. Cirad-Ca. Montpellier, France.
- MARTIN, J. 1999. Ncc, précocité et régulateurs de croissance. Actes des journées coton du Cirad, du 19 au 23 juillet 1999. Cirad-Ca. Montpellier, France. Pp 294-306.
- MARTIN, J. 2000. Rapport de mission au Mozambique. Cirad-Ca. Montpellier, France.
- MARTIN, J. 2000. Rapport de mission en Bolivie. Cirad-Ca. Montpellier, France.
- OOSTERHUISS, D.M., K. KOSMIDOU et J.T. COTHREN. 2000. Managing cotton growth and development with plant growth regulators. In : *New Frontiers in Cotton Research : Proc. World Cotton Res. Conf.-II (1998 : Athens, Greece)*. F. M. Gillham (Ed.). Pp 46-68.
- SEGUY, L., S. BOUZINAC, A.C. MARONEZZI, J. L. BELOT et J. MARTIN. A paraître. A safrinha de algodão : opção de cultura arriscada ou alternativa lucrativa dos sistemas de plantio direto nos trópicos úmidos ? Communication au III Congrès Brésilien du Coton, Campo-Grande, MS, Brasil. 27-30 août 2001.
- SPENSER, J. 2000. A perspective of water management for the future. In : *New Frontiers in Cotton Research : Proc. World Cotton Res. Conf.-II (1998 : Athens, Greece)*. F. M. Gillham (Ed.). Pp 30-37